

Semiconductor laser device

Patent Number: ☐ [EP0920096](#), [A3](#), [B1](#)
Publication date: 1999-06-02
Inventor(s): FUKUNAGA TOSHIAKI (JP); WADA MITSUGU (JP)
Applicant(s): FUJI PHOTO FILM CO LTD (JP)
Requested Patent: ☐ [JP11220224](#)
Application Number: EP19980122308 19981124
Priority Number(s): JP19970323176 19971125; JP19980317644 19981109
IPC Classification: H01S3/19
EC Classification: [H01S5/343C](#), [H01S5/343](#)
Equivalents: DE69801974D, DE69801974T, ☐ [US6127691](#)
Cited Documents: [US5389396](#); [JP9270558](#)

Abstract

A semiconductor laser device comprises a GaAs substrate (1), a first cladding layer (2) having either one of p-type electrical conductivity and n-type electrical conductivity, a first optical waveguide layer (3), an $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ first barrier layer (4), an $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ quantum well active layer (5), an $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ second barrier layer (6), a second optical waveguide layer (7), and a second cladding layer (8) having the other electrical conductivity, the layers being overlaid in this order on the substrate (1). Each cladding layer (2,8) and each optical waveguide layer (3,7) have compositions, which are lattice matched with the substrate (1). Each of the first and second barrier layers (4,6) has a tensile strain with respect to the substrate (1) and is set such that a total layer thickness of the barrier layers may be 10nm to 30nm, and a product of a strain quantity of the tensile strain and the total layer thickness may be 0.05nm to 0.2nm. The active layer (5) has a composition, which is lattice matched with the substrate (1), or a composition, which has a tensile strain of at most

0.003 with respect to the substrate (1). 

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-220224

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int.Cl.⁹

H 0 1 S 3/18

識別記号

6 7 7

F I

H 0 1 S 3/18

6 7 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-317644

(22) 出願日 平成10年(1998)11月9日

(31) 優先権主張番号 特願平9-323176

(32) 優先日 平9(1997)11月25日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 福永 敏明

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(72) 発明者 和田 貢

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

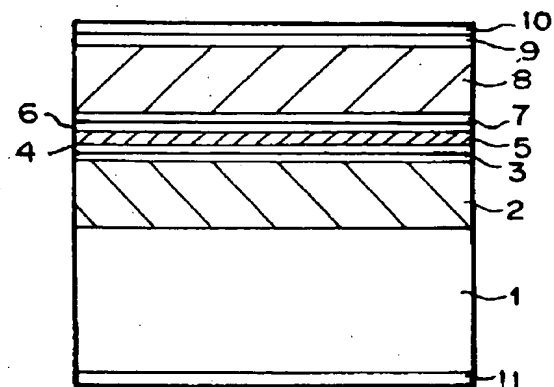
(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 $0.8\mu\text{m}$ 帯の半導体レーザにおいて、高出力発振下における信頼性を向上させる。

【解決手段】 $n\text{-GaAs}$ 基板 1 上に、 $n\text{-Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1}\text{As}$ クラッド層 2、 $n\text{-In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層 3、 $i\text{-In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層 4、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層 5、 $i\text{-In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層 6、 $p\text{-In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層 7、 $p\text{-Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1}\text{As}$ クラッド層 8、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層 9 を順次形成する。そして各クラッド層 2、8 および各光導波層 3、7 はそれぞれ GaAs 基板 1 に格子整合する組成比とし、引張り歪バリア層 4、6 の合計層厚は $10\sim 30\text{nm}$ とし、また引張り歪バリア層 4、6 の組成は、引張り歪の歪量が、歪量 \times 合計層厚 $=0.05\sim 0.2\text{nm}$ となるものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板上に、pおよびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 第一バリア層、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 第二バリア層、第二光導波層、p型およびn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリア層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計層厚10~30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05~0.2nmを満たす組成からなり、

前記 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 GaAs基板上に、p型およびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ 第一バリア層、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ 第二バリア層、第二光導波層、p型およびまたはn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリア層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計層厚10~30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05~0.2nmを満たす組成からなり、

前記 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ装置に関し、詳しくは半導体レーザ装置を構成する半導体層の組成に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、0.7~0.85 μm 帯の半導体レーザとしては、n-GaAs基板に、n-AlGaAsクラッド層、nまたはi-AlGaAs光導波層、i-AlGaAs活性層、pまたはi-AlGaAs光導波層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsキャップ層を積層してなる半導体レーザが一般的である。しかし、この構造では活性層にAlを含み、Alは化学的に活性で酸化さ

れやすいため、劈開して形成した共振器端面が劣化しやすく、高信頼性という点で不利である。

【0003】そこで、オールAlフリーとなる875nm帯の半導体レーザとして、IEEE Photonics technology Letters, Vol. 6, No. 4 (1994) p. 465 に示されるようにn-GaAs基板上に、n-InGaP クラッド層、アンドープInGaAsP 光導波層、GaAs量子井戸活性層、アンドープInGaAsP 光導波層、p-InGaP クラッド層、p-GaAsキャップ層からなる半導体レーザが提案されている。しかし、このAlフリーの半導体レーザは素子特性の温度依存性が大きく、最高光出力は4.2 Wと高いが、光出力1 W以上で漏れ電流の発生により発光効率が悪くなっていくという欠点を有しており、0.8 μm 近傍の短波長帯では高出力半導体レーザとしては実用上耐えないものである。

【0004】一方、活性層がAlフリーとなる0.8 μm 帯の半導体レーザとして、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. L1175~L1177に示されているようなn-GaAs基板にn-AlGaAsクラッド層、i-InGaP 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、i-InGaP 光導波層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsキャップ層からなる半導体レーザが報告されている。しかし、この半導体レーザは、キャリアのオーバーフローにより素子特性の温度特性が大きいくという欠点を持っており、高出力発振時での駆動電流が増大し、発熱に伴う素子温度上昇による信頼性の劣化が生じる。

【0005】また、IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 3, No. 2 (1997) p. 180 には、活性層として、基板に対して圧縮歪を有する組成比のGaInP半導体を用い、該活性層の圧縮歪をキャンセルする以上の引張り歪を有するAlGaInP 層をサイドバリア層として備えて、レーザ素子の出射端面近傍で結晶構造緩和を生ぜしめ、端面におけるバンドギャップを大きくすることにより、レーザ発振時の光の吸収を小さくして端面での光吸収による素子の劣化を低減し、信頼性を向上した半導体レーザが提案されている。しかしながら、InGaAsP 系の活性層により800nm 帯の半導体レーザを構成しようとする場合、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 21 (1982) p. L323 に示すようにInGaAsP 系の組成比とバンドギャップとの関係において相分離を起こす組成領域が、圧縮歪を有する組成比と重なるために、InGaAsP 系の半導体層により大きな圧縮歪を有する活性層を形成することが困難であり、上記文献に示されるような信頼性の高い半導体レーザを800nm 系半導体レーザにおいて実現することは困難である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い0.8 μm 帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による1つの半導

体レーザ装置は、GaAs基板上に、p型およびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 第一バリア層、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 第二バリア層、第二光導波層、p型およびn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、前記第一および第二バリア層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計層厚10~30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05~0.2nmを満たす組成からなり、前記 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とするものである。

【0008】本発明による別の半導体レーザ装置は、第一および第二バリア層が $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ 系組成からなり、その他の構成は上記第1の半導体レーザ装置と同様とされたものである。

【0009】ここで、前記合計層厚とは、前記第一および第二バリア層の層厚を合計したものをいう。

【0010】また第一および第二バリア層の前記GaAs基板に対する引張り歪の歪量とは、該歪量を Δ_1 とし、GaAs基板の格子定数を a_{GaAs} とし、バリア層の格子定数を a_1 とした場合 $\Delta_1 = (a_{\text{GaAs}} - a_1) / a_{\text{GaAs}}$ で表されるものである。

【0011】同様に、前記量子井戸活性層の前記GaAs基板に対する引張り歪の歪量とは、該歪量を Δ_2 とし、活性層の格子定数を a_2 とした場合 $\Delta_2 = (a_{\text{GaAs}} - a_2) / a_{\text{GaAs}}$ で表されるものである。一般に、格子整合するとは歪量 Δ_2 が $-0.0025 \leq \Delta_2 \leq 0.0025$ であることをいい、「前記InGaAsP量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成」とは、 $-0.0025 \leq \Delta_2 \leq 0.003$ を満たす組成をいう。

【0012】

【発明の効果】本発明の半導体レーザは、活性層がAlを含まない組成で構成されているため、活性層にAlを含む従来の0.8 μm 帯半導体レーザと比較して耐久性の面で信頼性が高い。また、InGaAsPあるいはInGaP引張り歪バリア層を設けたことで活性層近傍での格子緩和が生じ、この格子緩和によりバンドギャップを大きくすることができ、素子の光出射端面における光の吸収を低減することができる。また、InGaAsPあるいはInGaP引張り歪バリア層により活性層とバリア層との障壁高さを大きくすることにより、活性層から光導波層への電子および正孔の漏れを低減することができる。これにより、駆動電流を低減することができ、素子端面における発熱を低

減することができるので、高出力発振時における素子の信頼性を向上させることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0014】図1は、本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0015】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板1上に、n-Ga_{1-x1}Al_{x1}Asクラッド層2、nまたはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1}光導波層3、i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}P_{y2}引張り歪バリア層4、In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}P_{y3}量子井戸活性層5、i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}P_{y2}引張り歪バリア層6、pまたはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1}光導波層7、p-Ga_{1-x1}Al_{x1}Asクラッド層8、p-GaAsコンタクト層9を形成する。その後にコンタクト層9および基板1のそれぞれにp側電極10およびn側電極11を形成して完成する。なお、各クラッド層2、8および各光導波層3、7はそれぞれGaAs基板1に格子整合する組成比とするが、上記組成の他InGaAlAsP系の半導体層を用いてもよい。

【0016】また、本実施形態においては、量子井戸活性層5は基板1に格子整合する組成とし、また、引張り歪バリア層は基板1に対する歪量が0.007となる組成としてその層厚を5nmとした。なお、量子井戸活性層はGaAs基板に対して歪量0.003までの引張り歪を有する組成であってもよく、さらに、多重量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み（合計層厚）との積は、0.1nm以内とする。また、引張り歪バリア層は、その合計層厚が10~30nmの範囲の所定の厚さで、歪量×合計層厚=0.05~0.2nmとなる組成であればよい。

【0017】上記半導体レーザと、該半導体レーザと同様に形成された引張り歪バリア層を有しない50 μm 幅のストライプを有する半導体レーザ素子について評価を行った結果を図2および図3に示す。図2は、引張り歪バリア層を有する本発明の半導体レーザ素子（実線）と引張り歪バリア層を有しない素子（点線）の最高光出力の比較を示したものであり、図3は本発明の半導体レーザ素子（○）と引張り歪バリア層を有しない素子（×）の閾値電流 I_{th} の温度依存性を示したものである。図2および図3から、引張り歪バリア層を有する本発明の半導体レーザは、引張り歪を有しない素子に較べて、最高光出力は約0.3W大きく（図2参照）、閾値電流の温度依存性は小さい（図3参照）という結果が得られた。

【0018】一般に、閾値電流 I_{th} の温度依存性は $I_{th}(T) = I_0 \times e^{(T/T_0)}$ で表される。ここで、 T_0 は特性温度であり、この特性温度が高いほど素子の閾値電流の温度依存性は小さく、高出力発振時において安定性が向上した素子であるといえる。引張り歪バリア層を有す

る素子においては、20℃から50℃の範囲では $T_0 = 223$ Kであり、引張り歪みバリア層を有しない素子より30K程度特性温度が上昇した。また、50℃から80℃の高温領域において本発明のレーザ素子の特性温度は125 Kであり、バリア層を有しない素子より15K程度特性温度が上昇した。

【0019】本半導体レーザは、活性層4にAlを含まないため耐久性が高く、また、上述のように活性層の上下層に引張り歪みバリア層4、6を備えたことによる活性層近傍の格子緩和によりバンドギャップを大きくすることができ、結果として出射端面における光の吸収を低減することができる。また、該引張り歪みバリア層により活性層とバリア層との障壁高さを大きくすることにより、活性層から光導波層への電子および正孔の漏れを低減することができる。以上の効果により、駆動電流を低減することができるので高出力発振下においても信頼性の高い0.8 μ m帯の半導体レーザを実現することができる。

【0020】また、上記実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用い、p型半導体層から成長させて半導体レーザを構成してもよい。

【0021】なお、上記実施の形態においては、単純な全面電極形成型の半導体レーザについて説明したが、コンタクト層上にストライプ状の電流注入窓を有する絶縁膜を形成した利得導波型ストライプレーザとしてもよい。さらに、上記本実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常のリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率導波機構付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0022】次に本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図4に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0023】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板21上に、 $n\text{-Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1}\text{As}$ クラッド層22、n または $i\text{-In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層23、 $i\text{-In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪みバリア層24、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層25、 $i\text{-In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪みバリア層26、p または $i\text{-In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層27、 $p\text{-Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1}\text{As}$ 上部第一クラッド層28、 $p\text{-In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{P}$ エッチング阻止層29（厚み10nm程度） $p\text{-Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1}\text{As}$ 上部第二クラッド層30、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層31を順次積層し、さらにこのコンタクト層31上に SiO_2 等の絶縁膜32を形成する（図4（a））。

【0024】この後、通常のリソグラフィーにより、絶縁膜32の、幅3 μ m程度のストライプ状部分32aを残して、その両サイドの幅6 μ m程度のストライプ状部分32bを除去し（同図（b））、この残されたストライプ状

の絶縁膜32aをマスクとしてウェットエッチングによりコンタクト層31からエッチング阻止層29上面までのエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する

（同図（c））。このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系を用いると、エッチングがエッチング阻止層29で自動的に停止する。上部第一クラッド層28の厚みは、上述のようにして形成されたリッジストライプ導波路において単一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚みとする。次に絶縁膜32aを除去してから、リッジ部および露出しているエッチング阻止層29の全面に絶縁層33を形成する（同図（d））。次いで、通常のリソグラフィーにより、リッジストライプ部上面の絶縁膜33を除去し（同図（e））、露出されたコンタクト層31を覆うようにしてp側電極34を形成し、その後、基板21の研磨を行いn側電極35を形成する（同図（f））。

【0025】その後、試料を劈開して形成した共振器面の一面に高反射率コート、低反射率コートを行い、その後、チップ化して半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μ m帯のレーザ光を発生させることができる。

【0026】本発明の第3の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図5に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0027】有機金属気相成長法により、n-GaAs基板41上に、 $n\text{-Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1}\text{As}$ クラッド層42、n または $i\text{-In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層43、 $i\text{-In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪みバリア層44、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層45、 $i\text{-In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪みバリア層46、p または $i\text{-In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層47、 $p\text{-In}_{x_4}(\text{Ga}_{1-x_4}\text{Al}_{x_4})_{1-x_4}\text{As}_{0.2}\text{P}_{0.8}$ 上部第一クラッド層48、 $p\text{-In}_{x_5}(\text{Ga}_{1-x_5}\text{Al}_{x_5})_{1-x_5}\text{P}$ 上部第二クラッド層49、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層50を順次積層し、このコンタクト層50上に SiO_2 等の絶縁膜52を形成する（図5（a））。

【0028】この後、通常のリソグラフィーにより、絶縁膜51の幅3 μ m程度のストライプ状部分52aを残して、その両サイドの幅6 μ m程度のストライプ状部分52bを除去し（同図（b））、この残されたストライプ状の絶縁膜52aをマスクとしてウェットエッチングによりコンタクト層50から上部第一クラッド層48上面までのエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する（同図（c））。エッチング液として、コンタクト層50を除去するために硫酸と過酸化水素水系を用い、上部第二クラッド層49を除去するために塩酸系を用いると、エッチングが上部第一クラッド層48で自動的に停止する。上部第一クラッド層48の厚みは、上述のようにして形成されたリッジストライプ幅の導波路において単一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚

みとする。次に絶縁膜52aを除去してから、リッジ部および露出している上部第一クラッド層48の全面に絶縁膜53を形成する(同図(d))。次いで、通常のリソグラフィにより、絶縁膜53のリッジストライプ部上面に形成された部分を除去し(同図(e))、露出されたコンタクト層50を覆うようにしてp側電極54を形成し、その後、基板41の研磨を行いn側電極55を形成する(同図(f))。

【0029】その後、試料を劈開して形成した共振器面の一面に高反射率コート、他面に低反射率コートを行い、チップ化して半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力のレーザ光を発生させることができる。

【0030】さらにまた、上記と同様のエッチング停止機構を用いて、3回の成長工程を繰り返す行うことにより埋め込み構造の屈折率導波レーザを作成することも可能である。

【0031】次に、本発明の第4の実施形態について説明する。図6は、本発明の第4の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0032】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板101上に、 $n\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層102、nまたは $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層103、 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリ層104、 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層105、 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリ層106、pまたは $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層107、 $p\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層108、p-GaAsコンタクト層109を形成する。次いでコンタクト層109の上にp側電極110を形成し、その後基板101を研磨してからn側電極111を形成する。

【0033】次に、試料を図の紙面に垂直な面で劈開して形成した2つの共振器面の一方に高反射率コート、他方に低反射率コートを施して、本実施形態の半導体レーザが完成する。

【0034】本実施形態においても、量子井戸活性層105はGaAs基板101に格子整合する組成、あるいは、この基板101に対して歪量0.003までの引張り歪を有する組成とする。さらに量子井戸活性層は多重量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み(合計層厚)との積は、0.1nm以内とする。

【0035】また、引張り歪バリ層は、その合計層厚が10~30nmの範囲の所定の厚さで、歪量×合計層厚=0.05~0.2nmとなる組成とする。引張り歪バリ層は、3元の $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{P}$ 引張り歪バリ層であってもよい。

【0036】本実施形態においても、上述の通りの構成を採用していることにより、既に説明した実施形態におけるのと同様の効果が得られる。

【0037】なおこの場合も、単純な全面電極形成型の

半導体レーザについて説明したが、コンタクト層109上にストライプ状の電流注入窓を有する絶縁膜を形成した利得導波型ストライプレーザとしてもよい。さらに、本実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常のリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率導波機構付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0038】また、上記実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0039】次に本発明の第5の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図7に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0040】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板121上に、 $n\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層122、nまたは $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層123、 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{P}$ 引張り歪バリ層124、 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層125、 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{P}$ 引張り歪バリ層126、pまたは $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層127、 $p\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層128、p-GaAsコンタクト層129を順次積層し、さらにこのコンタクト層129上に SiO_2 等の絶縁膜130を形成する(図7(a))。

【0041】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜130の中央部に幅3 μm 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6 μm 程度のストライプ状の絶縁膜130を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜130をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたは $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層127の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0042】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系のものを用いてp-GaAsコンタクト層129をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いて $p\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層128を除去すれば、エッチングがpまたは $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層127の上面で自動的に停止する。なおpまたは $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層127の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【0043】次に絶縁膜130を除去後、リッジ部および露出している光導波層127の全面に絶縁膜131を形成する(同図(b))。次いで、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ部上面の絶縁膜131を除去し、露出したコンタクト層129を覆うようにしてp側電極132を形成し、その後、基板121の研磨を行なってからn側電極133を形成する(同図(c))。

【0044】次に、試料を劈開して形成した共振器面の

一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0045】上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザ光を発生させることができる。

【0046】以上は狭ストライプの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50~400 nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、4元の $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ から形成してもよい。

【0047】次に、本発明の第6の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図8に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0048】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板141上に、n- $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層142、n またはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層143、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層144、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層145、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層146、p またはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層147、p- $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層148、p-GaAsキャップ層149を順次積層し、さらにこのキャップ層149上に SiO_2 等の絶縁膜150を形成する(図8(a))。

【0049】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜150の中央部に幅3 μm 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6 μm 程度のストライプ状の絶縁膜150を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜150をマスクとしてウエットエッチングにより、p またはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層147の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0050】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系のものを用いてp-GaAsキャップ層149をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp- $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層148を除去すれば、エッチングがp またはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層147の上面で自動的に停止する。

【0051】その後、選択成長により、クラッド層148より屈折率の小さい、厚みが1 μm 程度の、基板141に格子整合するn- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ 電流阻止層151を形成する(同図(b))。

【0052】なおn- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ 電流阻止層151の組成と、p またはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層127の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような組成、厚みとする。

【0053】次に絶縁膜150を除去して、p-GaAsコンタクト層152を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層152の上にp側電極153を形成し、その後、基板141の研磨を

行なってからn側電極154を形成する(同図(c))。

【0054】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0055】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザ光を発生させることができる。

【0056】以上は狭ストライプの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50~400 nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、3元の $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ から形成してもよい。

【0057】次に、本発明の第7の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図9に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0058】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板161上に、n- $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層162、n またはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層163、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層164、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層165、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層166、p またはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層167、p- $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ 上部第一クラッド層168、p- $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{Py}_4$ エッチング阻止層(厚み10 nm程度)169、p- $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ 上部第二クラッド層170、p-GaAsコンタクト層171を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層171の上に SiO_2 等の絶縁膜172を形成する(図9(a))。なおp- $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{Py}_4$ エッチング阻止層169は、基板161に格子整合し、かつ量子井戸活性層165よりもバンドギャップが大きい組成とする。

【0059】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜172の中央部に幅3 μm 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6 μm 程度のストライプ状の絶縁膜172を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜172をマスクとしてウエットエッチングにより、p- $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{Py}_4$ エッチング阻止層169の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0060】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系のものを用いてp-GaAsコンタクト層171をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp- $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ 上部第二クラッド層170を除去すれば、エッチングがp- $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{Py}_4$ エッチング阻止層169の上面で自動的に停止する。

【0061】なお、p またはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層167およびp- $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ 上部第一クラッド層168の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【0062】次に絶縁膜172を除去してから絶縁膜173を形成し（同図（b））、その後通常のリソグラフィによりリッジストライプ上の絶縁膜173を除去して、その上にp側電極174を形成し、その後、基板161の研磨を行なってからn側電極175を形成する（同図（c））。

【0063】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0064】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザ光を発生させることができる。

【0065】以上は狭ストライプの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層と上部第一クラッド層の合計の厚みは100~400 nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、3元の $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ から形成してもよい。

【0066】図10は、本発明の第8の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0067】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板201上に、n- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層202、nまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層203、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層204、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層205、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層206、pまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層207、p- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層208、p-GaAsコンタクト層209を順次積層する。

【0068】次いでp-GaAsコンタクト層209の上にp側電極210を形成し、その後、基板201の研磨を行なってからn側電極211を形成する。次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0069】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザ光を発生させることができる。

【0070】なおこの場合も、単純な全面電極形成型の半導体レーザについて説明したが、上記の構成に絶縁膜ストライプを形成して利得導波型ストライプレーザとしてもよい。さらに、本実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常的光リソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率導波機構付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0071】また、上記実施形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0072】さらに、活性層は多重量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み（合計層厚）との積は、0.1 nm以内とする。また、引張り歪バリア層は、3元の $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ 引張り歪バリア層であってもよい。

【0073】次に本発明の第9の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図11に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0074】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板221上に、n- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層222、nまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層223、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ 引張り歪バリア層224、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層225、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ 引張り歪バリア層226、pまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層227、p- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層228、p-GaAsコンタクト層229を順次積層し、さらにこのコンタクト層229上に SiO_2 等の絶縁膜230を形成する（図11（a））。

【0075】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜230の中央部に幅3 μm 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6 μm 程度のストライプ状の絶縁膜230を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜230をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層227の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0076】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系のものを用いてp-GaAsコンタクト層229をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層228を除去すれば、エッチングがpまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層227の上面で自動的に停止する。なおpまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{Py}_1$ 光導波層227の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【0077】次に絶縁膜230を除去後、リッジ部および露出している光導波層227の全面に絶縁膜231を形成する（同図（b））。次いで、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ部上面の絶縁膜231を除去し、露出したコンタクト層229を覆うようにしてp側電極232を形成し、その後、基板221の研磨を行なってからn側電極233を形成する（同図（c））。

【0078】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0079】上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザ光を発生させることができる。

【0080】以上は狭ストライプの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50～400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、4元の $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ から形成してもよい。

【0081】次に、本発明の第10の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図12に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0082】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板241上に、n- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ クラッド層242、nまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光導波層243、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 引張り歪バリア層244、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層245、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 引張り歪バリア層246、pまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光導波層247、p- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ クラッド層248、p-GaAsキャップ層249を順次積層し、さらにこのキャップ層249上に SiO_2 等の絶縁膜250を形成する(図12(a))。

【0083】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜250の中央部に幅3 μm 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6 μm 程度のストライプ状の絶縁膜250を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜250をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光導波層247の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0084】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系のものを用いてp-GaAsキャップ層249をエッチングし、また塩酸系のエッチング液を用いてp- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ クラッド層248を除去すれば、エッチングがpまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光導波層247の上面で自動的に停止する。

【0085】その後、選択成長により、クラッド層248より屈折率の小さい、厚みが1 μm 程度の、基板241に格子整合するn- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ 電流阻止層251を形成する(同図(b))。

【0086】なおn- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ 電流阻止層251の組成と、pまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光導波層227の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような組成、厚みとする。

【0087】次に絶縁膜250を除去して、p-GaAsコンタクト層252を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層252の上にp側電極253を形成し、その後、基板241の研磨を行ってからn側電極254を形成する(同図(c))。

【0088】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0089】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザ光を発生させることができる。

【0090】以上は狭ストライプの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50～400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、3元の $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ から形成してもよい。

【0091】次に、本発明の第11の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図13に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0092】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板261上に、n- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ クラッド層262、nまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光導波層263、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 引張り歪バリア層264、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層265、i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 引張り歪バリア層266、pまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光導波層267、p- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ 上部第一クラッド層268、p- $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_{y_4}$ エッチング阻止層(厚み10nm程度)269、p- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ 上部第二クラッド層270、p-GaAsコンタクト層271を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層271の上に SiO_2 等の絶縁膜272を形成する(図13(a))。なおp- $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_{y_4}$ エッチング阻止層269は、基板261に格子整合し、かつ量子井戸活性層265よりもバンドギャップが大きい組成とする。

【0093】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜272の中央部に幅3 μm 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6 μm 程度のストライプ状の絶縁膜272を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜272をマスクとしてウェットエッチングにより、p- $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_{y_4}$ エッチング阻止層269の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0094】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系のものを用いてp-GaAsコンタクト層271をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ 上部第二クラッド層270を除去すれば、エッチングがp- $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_{y_4}$ エッチング阻止層269の上面で自動的に停止する。

【0095】なお、pまたはi- $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光導波層267およびp- $\text{In}_{0.48}(\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1})_{0.52}\text{P}$ 上部第一クラッド層268の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【0096】次に絶縁膜272を除去してから絶縁膜273を形成し(同図(b))、その後通常のリソグラフィによりリッジストライプ上の絶縁膜273を除去して、その上にp側電極274を形成し、その後、基板261の研磨を行

ってからn側電極275を形成する(同図(c))。

【0097】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0098】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザ光を発生させることができる。

【0099】以上は狭ストライプの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層と上部第一クラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、3元の $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{P}$ から形成してもよい。また、この実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0100】さらに、以上説明した実施の形態では特に量子井戸が単一で、光導波層組成が一定のSQW-SCHと呼ばれる構造を示したが、SQWの代わりに量子井戸を複数とするMQWとしてもよい。

【0101】また、前記 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 活性層の組成比等を制御することにより、発振波長は、750nm < λ < 850nm の範囲で制御が可能である。

【0102】また、半導体層の成長法としては上述の有機金属気相成長法の他、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい。

【0103】なお、本発明の半導体レーザは高速な情報・画像処理および通信、計測、医療、印刷当の分野での光源としても応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による半導体レーザを示す断面図

【図2】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との最高光出力を示すグラフ

【図3】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との閾値電流の温度依存性を示すグラフ

【図4】本発明の第2実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図5】本発明の第3実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図6】本発明の第4実施形態による半導体レーザを示す断面図

【図7】本発明の第5実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図8】本発明の第6実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図9】本発明の第7実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図10】本発明の第8実施形態による半導体レーザ、

およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図11】本発明の第9実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図12】本発明の第10実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図13】本発明の第11実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

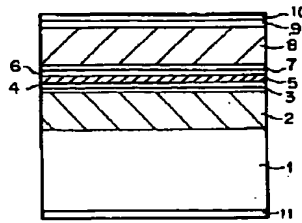
【符号の説明】

- 1 n-GaAs基板
- 2 n-Ga_{1-x1}Al_{z1}Asクラッド層
- 3 n またはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py₁ 光導波層
- 4 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 引張り歪バリア層
- 5 In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}Py₃ 量子井戸活性層
- 6 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 引張り歪バリア層
- 7 p またはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py₁ 光導波層
- 8 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}As クラッド層
- 9 p-GaAsコンタクト層
- 10 p側電極
- 11 n側電極
- 21 n-GaAs基板
- 22 n-Ga_{1-x1}Al_{z1}Asクラッド層
- 23 i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py₁ 光導波層
- 24 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 引張り歪バリア層
- 25 In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}Py₃ 量子井戸活性層
- 26 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 引張り歪バリア層
- 27 i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py₁ 光導波層
- 28 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}As上部第一クラッド層
- 29 p-In_{x4}Ga_{1-x4}P エッチング阻止層
- 30 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}As上部第二クラッド層
- 31 p-GaAsコンタクト層
- 34 p側電極
- 35 n側電極
- 41 n-GaAs基板
- 42 n-Ga_{1-x1}Al_{z1}Asクラッド層
- 43 n またはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py₁ 光導波層
- 44 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 引張り歪バリア層
- 45 In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}Py₃ 量子井戸活性層
- 46 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 引張り歪バリア層
- 47 p またはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py₁ 光導波層
- 48 p-In_{x4}(Ga_{1-x4}Al_{z4})_{1-x4}As_{0.2}P_{0.8} 上部第一クラッド層
- 49 p-In_{x5}(Ga_{1-x5}Al_{z5})_{1-x5}P 上部第二クラッド層
- 50 p-GaAsコンタクト層
- 54 p側電極
- 55 n側電極
- 101 n-GaAs基板
- 102 n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層
- 103 n またはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py₁ 光導波層
- 104 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 引張り歪バリア層
- 105 In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}Py₃ 量子井戸活性層

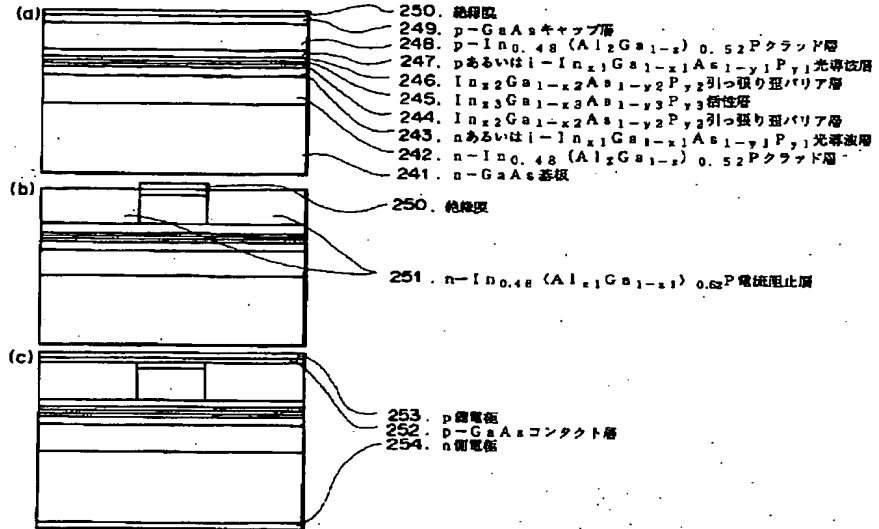
106 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 107 p または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 108 $p\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 109 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層
 110 p 側電極
 111 n 側電極
 121 $n\text{-GaAs}$ 基板
 122 $n\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 123 n または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 124 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{P}$ 引張り歪バリア層
 125 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層
 126 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{P}$ 引張り歪バリア層
 127 p または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 128 $p\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 129 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層
 132 p 側電極
 133 n 側電極
 141 $n\text{-GaAs}$ 基板
 142 $n\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 143 n または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 144 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 145 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層
 146 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 147 p または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 148 $p\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 149 $p\text{-GaAs}$ キャップ層
 152 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層
 153 p 側電極
 154 n 側電極
 161 $n\text{-GaAs}$ 基板
 162 $n\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 163 n または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 164 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 165 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層
 166 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 167 p または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 168 $p\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ 上部第一クラッド層
 169 $p\text{-In}_{x4}\text{Ga}_{1-x4}\text{As}_{1-y4}\text{Py}_4$ エッチング阻止層
 170 $p\text{-In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ 上部第二クラッド層
 171 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層
 174 p 側電極
 175 n 側電極
 201 $n\text{-GaAs}$ 基板
 202 $n\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 203 n または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層

204 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 205 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層
 206 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 207 p または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 208 $p\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 209 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層
 210 p 側電極
 211 n 側電極
 221 $n\text{-GaAs}$ 基板
 222 $n\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 223 n または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 224 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{P}$ 引張り歪バリア層
 225 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層
 226 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{P}$ 引張り歪バリア層
 227 p または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 228 $p\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 229 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層
 232 p 側電極
 233 n 側電極
 241 $n\text{-GaAs}$ 基板
 242 $n\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 243 n または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 244 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 245 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層
 246 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 247 p または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 248 $p\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 249 $p\text{-GaAs}$ キャップ層
 252 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層
 253 p 側電極
 254 n 側電極
 261 $n\text{-GaAs}$ 基板
 262 $n\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ クラッド層
 263 n または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 264 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 265 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{Py}_3$ 量子井戸活性層
 266 $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{Py}_2$ 引張り歪バリア層
 267 p または $i\text{-In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ 光導波層
 268 $p\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ 上部第一クラッド層
 269 $p\text{-In}_{x4}\text{Ga}_{1-x4}\text{As}_{1-y4}\text{Py}_4$ エッチング阻止層
 270 $p\text{-In}_{0.48}(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_{0.52}\text{P}$ 上部第二クラッド層
 271 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層
 274 p 側電極
 275 n 側電極

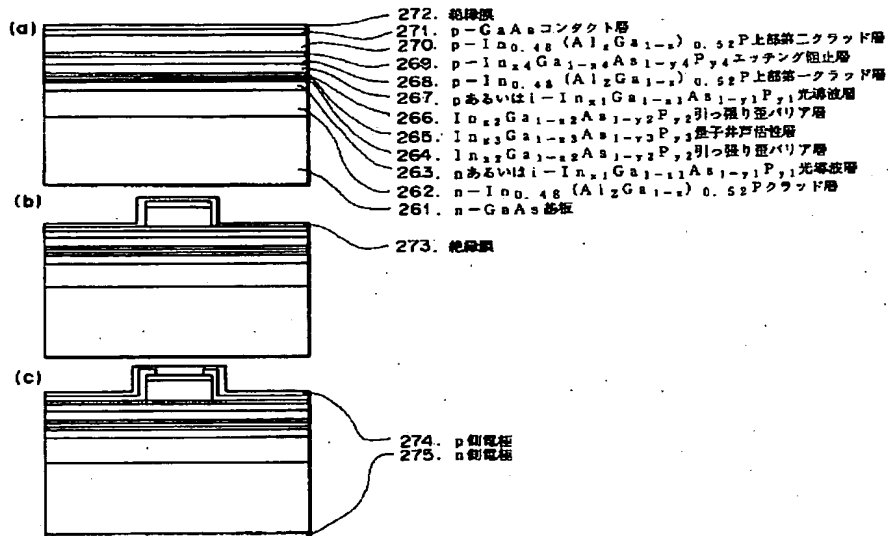
【図1】



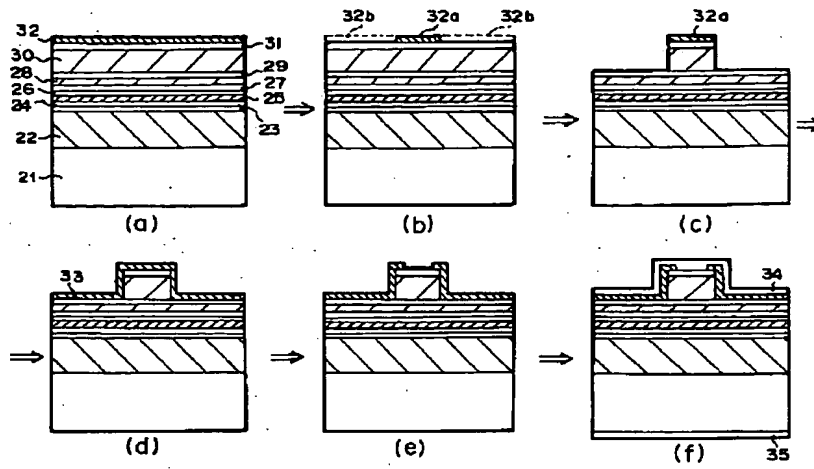
【図2】



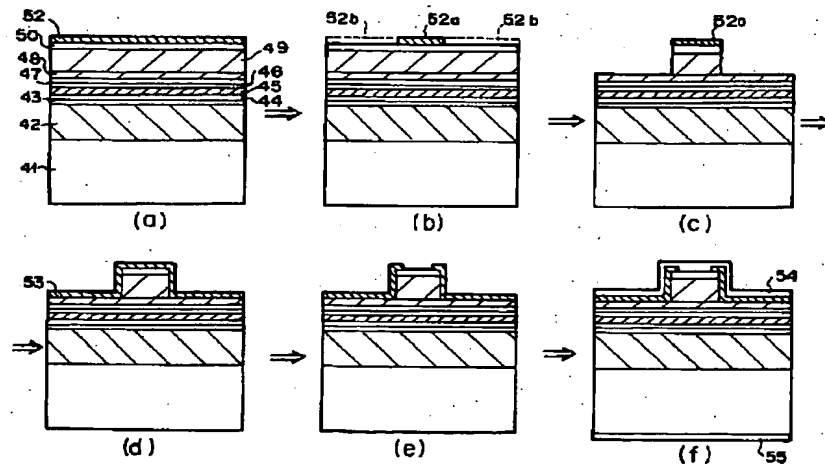
【図3】



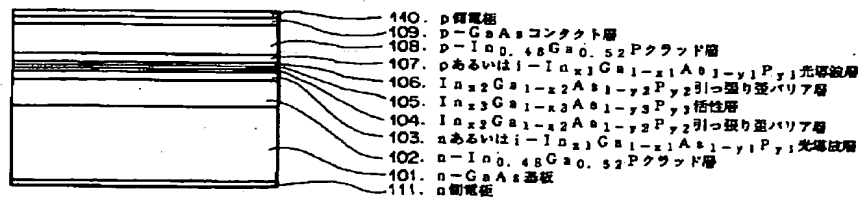
【図4】



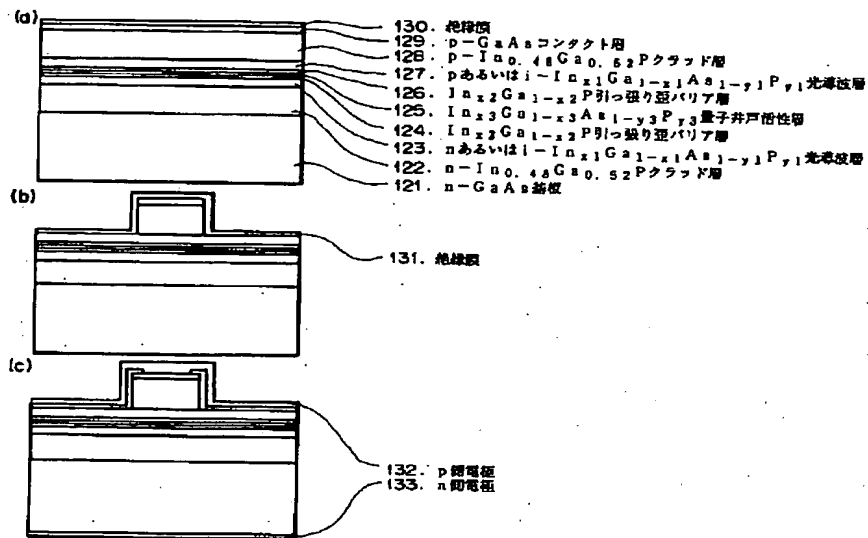
【図5】



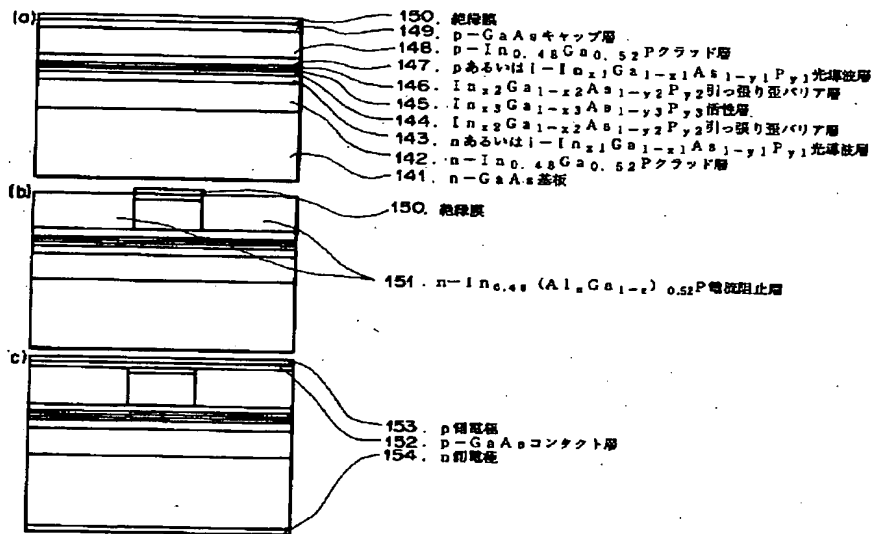
【図6】



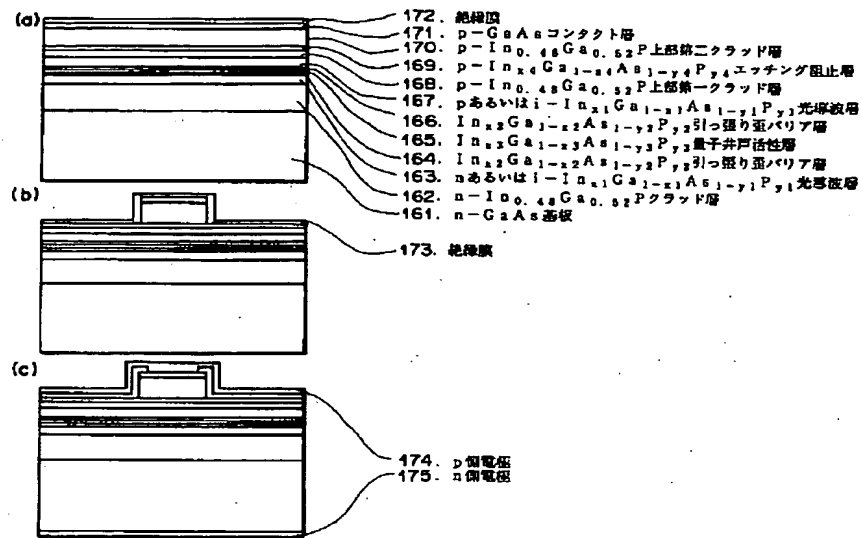
【図7】



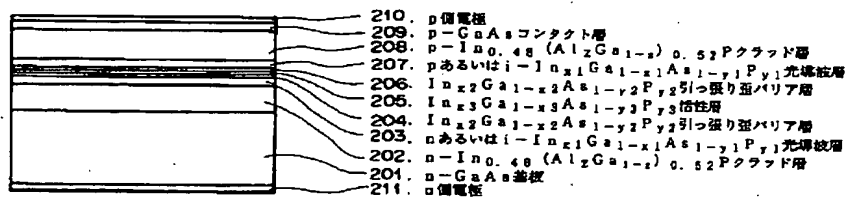
【図8】



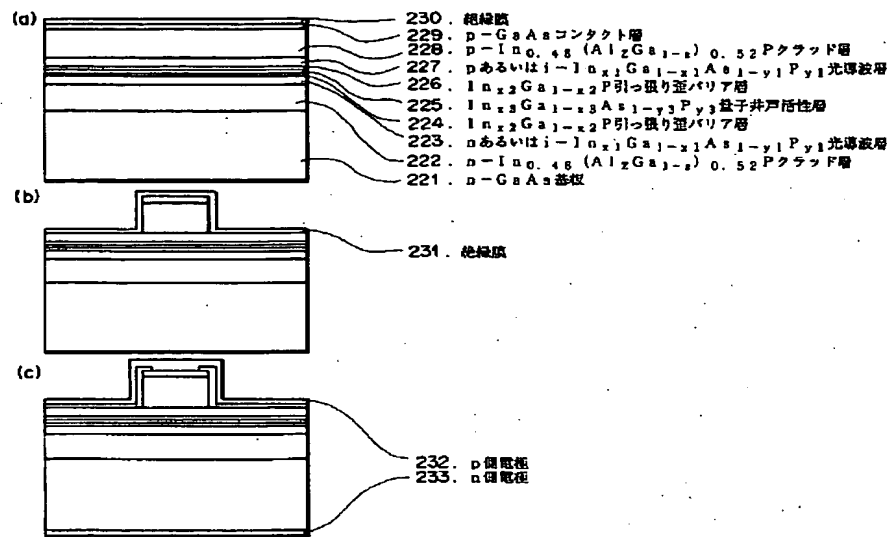
【図9】



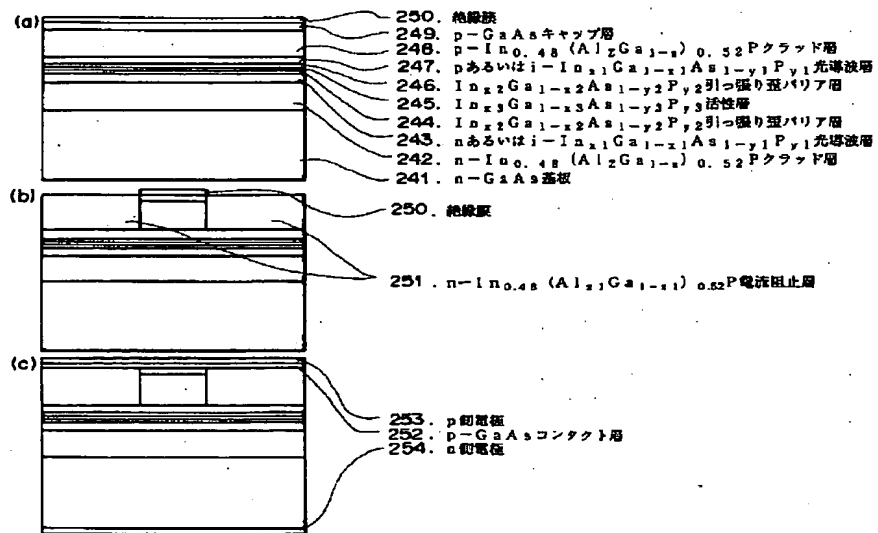
【図10】



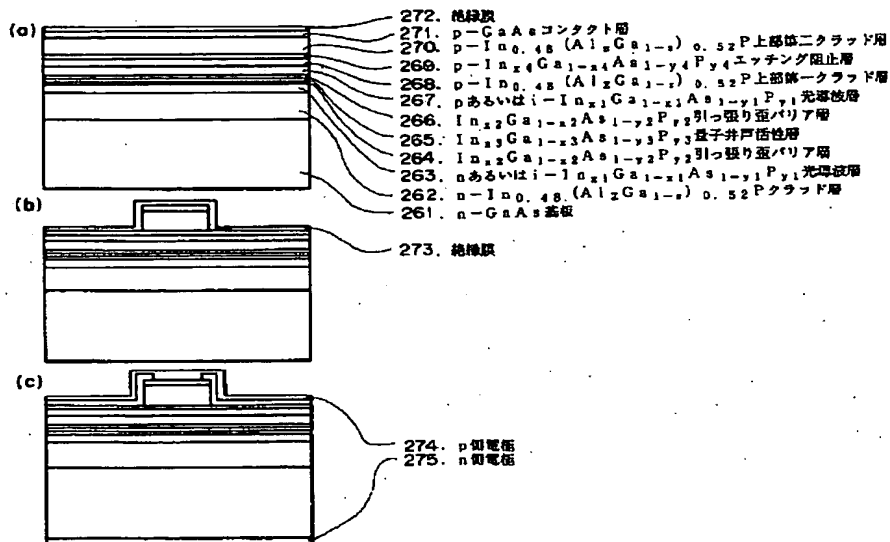
【図11】



【図12】



【図13】



【手続補正書】

【提出日】平成10年11月16日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 GaAs基板上に、pおよびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 第一バリア層、In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}Py₃ 量子井戸活性層、In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂ 第二バリア層、第二光導波層、p型およびn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリア層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計層厚10～30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05～0.2nmを満たす組成からなり、

前記In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}Py₃ 量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003 までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。